

V. M. Litvin

Falling as a universal method of movement of ecosystem representatives in space

УДК 591.17

В. М. Литвин

Институт шелководства УААН

ПАДЕНИЕ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ПРОСТРАНСТВЕ

Проаналізовано способи переміщення представників екосистем у просторі. Встановлено, що пасивний спосіб переміщення, яким є падіння, широко використовується у тваринному та рослинному світі завдяки потенційній гравітаційній енергії, що накопичується організмами відносно поверхні землі.

Modes of spatial dislocation of living organisms have been analyzed. The passive dislocation mode, such as a drop, is widely used by animals and plants due to potential gravitational energy that is accumulated by organisms in relation to a ground surface.

Введение

Познание механизмов функционирования экосистем является важной задачей экологии [4]. Для окончательного решения этой задачи необходимы углубленные исследования различных форм движения материи и энергии в экосистемах. Одним из

© В. М. Литвин, 2006

104

проявлений этого движения можно считать перемещение представителей экосистем в пространстве.

Известно, что с помощью передвижения в пространстве биологические объекты решают разные задачи. При этом передвижение организмов в пространстве экосистемы происходит как активными, так и пассивными способами [1; 6].

При активных способах передвижения (локомоция) тратится внутренняя энергия организмов. Этими способами пользуются представители животного мира. Они используют передвижение для поиска пищи, избегания хищников, нахождения полового партнера, поиска благоприятных условий существования и др. При этом применяются такие способы передвижения: хождение, прыгание, ползание, летание, плавание. Все эти способы применяются соответственно определенной среде, в которой происходит передвижение организмов. Так, первые три способа (хождение, прыгание, ползание) используются организмами при передвижении по твердой среде с помощью ног. Мелкие животные могут передвигаться также по водной поверхности.

Полет возможен лишь в воздушной среде с помощью крыльев. Этот способ передвижения характерен для большинства насекомых, птиц и некоторых млекопитающих (например летучих мышей). Полет в воздухе летучих рыб, некоторых ящериц, белок-летяг и других животных представляет собой передвижение с помощью определенных приспособлений для планирования. Этот способ является конечной стадией прыжка животных. Для плавания в подводной среде используются гребные приспособления (от волосков и жгутиков до видоизмененных конечностей водяных черепах, водоплавающих птиц и ластоногих), изгибания всего тела (большинство рыб, хвостатых земноводных и др.), реактивный способ за счет выталкивания воды из полостей тела (медузы, головоногие моллюски и др.).

Пассивное передвижение организмов осуществляется за счет энергии естественных потоков воздуха и воды или энергии других организмов. Этот экономичный способ передвижения применяют представители как растительного, так и животного мира. Пассивный способ передвижения, очевидно, возник у организмов значительно раньше, чем активный. Вероятнее всего его использовали еще первичные организмы в водах мирового океана. Для осуществления этого способа вода океанов имеет все необходимое – течения, вертикальные конвекционные перемещения масс воды, круговороты, энергию которых для локальных перемещений и миграции до сих пор используют организмы как с малой, так и с большой массой.

Выход организмов из воды на сушу значительно ограничил возможности использования пассивного способа передвижения организмов с большой массой вследствие того, что, по обыкновению, если не учитывать энергетическую способность относительно нечастых явлений, таких как ураганы и смерчи, энергетические возможности воздуха значительно меньше, чем у воды.

Растения – относительно неподвижные организмы, которые не имеют активных органов для перемещения пыльцы, семян и других видов опада. Поэтому для их передвижения растения в процессе эволюции воспользовались энергией ветра и конвекционных тепловых потоков воздуха. Поэтому им необходимо было уменьшить массу и образовать специальные приспособления для создания подъемной силы, чтобы компенсировать влияние гравитации. Однако, по нашему мнению, семена без участия гравитации Земли попасть на земную поверхность могут только с помощью активных перемещений животных. Известно очень ограниченное число видов растений, которые

разбрасывают свои семена. Поэтому существует вероятность того, что некоторая их часть полетит в направлении поверхности земли и даст, в конце концов, всходы.

Всем известна легенда о том, будто бы яблоко, упав на голову И. Ньютону, послужило поводом для открытия закона всемирного тяготения. Между тем, этот известный каждому факт еще до конца не оценен с точки зрения приспособленности самой яблони и растений в целом к гравитационному полю Земли (ГрПЗ). Ведь падают на поверхность земли не только яблоки, а и ее листва, сухие ветви и другие виды опада, включая и останки вредителей. Цель данной работы – описать роль ГрПЗ в перемещении представителей экосистем в пространстве.

Результаты и их обсуждение

Для пассивного распространения своих семян растения приспособились использовать ГрПЗ, а точнее, одно из ее свойств – силу тяжести. Благодаря этому все тела притягиваются к Земле с силой F [8]:

$$F = mg, \quad (1)$$

где m – масса организма, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Этот способ известен как барохория. Однако, как нам представляется, силовая интерпретация этого явления не проясняет природу энергетики происходящих процессов. Для понимания реальной картины происходящего обратимся к еще одному свойству ГрПЗ – способности тел накапливать потенциальную гравитационную энергию. Эта энергия накапливается в семенах в период развития растений, кроме известной формы потенциальной энергии в виде энергии органических соединений. Потенциальная гравитационная энергия, обусловленная взаимным тяготением физических масс, в частности семян и Земли, рассчитывается по известной формуле [8]:

$$E_g = mgh, \quad (2)$$

где m – масса организма, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, h – высота центра тяжести организма над поверхностью земли.

Потребляя семена и плоды в качестве пищи, животные используют химическую форму потенциальной энергии для своего активного движения, перемещая при этом генетический материал растений (зоохория). В то же время гравитационная форма энергии используется самим растением для пассивного перемещения плодов и семян к почве способом падения. С помощью этой формы энергии к почве перемещаются и остальные виды опада растений.

Однако использовать перемещение в пространстве с помощью способа падения могут не все организмы. Такая возможность в них появляется только в воздушной и водной среде, а в почве, разумеется, такой способ передвижения использовать невозможно. Недостатком этого способа является также то, что с его помощью при большой массе организма можно передвигаться только вертикально вниз. Однако многие виды легких семян за счет использования планирующих приспособлений, а также воздушных и водных потоков, имеющих горизонтальную составляющую движения, могут перемещаться на большие расстояния.

Эффективность передвижения способом падения зависит от многих причин. У растений это определяется, прежде всего, их высотой, массой плода, а также наличием приспособлений для планирования у семян. Конечно, эффективность перемещения увеличивается при условии сильного ветра. Вместе с тем густо расположенные растения, наоборот, не оказывают содействия распространению семян и плодов.

Об эффективности перемещения способом падения свидетельствует тот факт, что представители животного мира также приспособились использовать этот пассивный способ перемещения. Например, имаго желудевой плодовой жоржки (*Carpocapsa splendana* Нб.), которые зимовали в подстилке, выходя из коконов, преодолевают энергетический гравитационный барьер между подстилкой и кроной благодаря крыльям, используя для этого запасы своей химической энергии. При этом, откладывая яйца на молодые желуди, плодовая жоржка придает яйцам потенциальную гравитационную энергию по отношению к поверхности земли. Рост потенциальной гравитационной энергии гусеницы начинается с началом эмбрионального развития, когда ее масса растет за счет запасных веществ яйца. Гусеница, вышедшая из яйца, вгрызается в желудь, где продолжает набирать потенциальную гравитационную энергию за счет роста своей массы. Поврежденные желуди уже не могут удерживать собственный вес и опадают вместе с гусеницами, использующими для этой цели запасенную потенциальную гравитационную энергию желудя. Таким образом, наблюдается использование запаса гравитационной энергии другого организма (желудя) для транспортирования личинки к месту зимовки без затрат своей химической энергии.

Время свободного падения тела t вычисляют по формуле:

$$t = \sqrt{\frac{h}{g}}, \quad (3)$$

где h – высота центра тяжести организма над поверхностью земли, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Рассчитанное нами время свободного падения желудя с высоты 5 м по формуле (3), если не учитывать сопротивления воздуха, составляет приблизительно 0,7 сек. Очевидно, что путь движения гусеницы к подстилке по траектории падения желудя короче и быстрее по времени, по сравнению с путем движения по ветвям и стволу. К тому же движение гусеницы к подстилке внутри желудя значительно безопаснее в сравнении с самостоятельным движением.

Таким же способом использует потенциальную гравитационную энергию желудя и желудевый долгоносик (*Balaninus glandium* Marsh.) и другие фитофаги.

Интересный пример протокооперации представляет собой связь уссурийского дубового шелкопряда (*Antheraea jamataj ussuriensis* Schachbazov), который зимует на стадии яйца (грены), с дубом монгольским (*Quercus mongolica* Fisch.). Зимние температуры в местах распространения этого шелкопряда снижаются до -40°C . В таких условиях его грена не может выдержать действия этого фактора, поскольку яйца гибнут при температуре ниже -22°C [9]. В процессе эволюции шелкопряда вопрос защиты грены от низких температур был решен за счет использования кормового растения, а точнее – листа дуба. Чтобы воспользоваться этой защитой, имаго откладывает грены на листья небольшими порциями – по 10–15 штук. Листья в период вегетации накапливают потенциальную гравитационную энергию, которая в дальнейшем тратится на их перемещение вместе с греной к подстилке, где под надежной защитой снега и происходит зимовка грены. Откладывание яиц на листья, а не на ветви и ствол, является важным опосредованным приспособлением к ГрПЗ, которое обеспечивает уссурийскому шелкопряду наиболее северное распространение из всех представителей рода *Antheraea*.

Многие гусеницы, закончив питание, спускаются с деревьев на паутинных нитях для окукливания в подстилке или почве. По своей сути это падение с небольшим

торможением со стороны паутиной нити. Так поступают гусеницы зимней пяденицы (*Operophtera brumata*) [2], яблонной плодовой гусеницы (*Laspeyresia pomonella*), грушевой плодовой гусеницы (*Carpocapsa pyrivora*) и др.

Падение гусениц с объединенных веток на поверхность земли дает им возможность взобраться на дерево на нетронутые ветви [5] и обеспечивает, таким образом, перемещение в трехмерном пространстве.

С помощью передвижения способом падения животные могут быстро убежать от хищников. Например, личинки яблонной моли (*Hyponomeuta malinella* Hub.), рябиново-яблонной моли (*Argyresthia cojugella* Zell.) [3], сосновой совки (*Panolis flammea* Schiff.) и др. в случае опасности могут быстро рассредоточиться из своего паутинового гнезда, повиснув под действием силы тяжести, которую можно рассчитать по формуле (1), на шелковых нитях. Когда опасность минует, они возвращаются назад в гнездо по этим же нитям, расходуя на подъем запасы своей химической энергии. Таким образом, приспособление насекомых к ГрПЗ позволяет им без затрат внутренней энергии, а только с помощью запасенной потенциальной гравитационной энергии уйти от опасности.

Некоторые хищники могут сбивать своих жертв с мест обитания, заставляя их падать вниз под влиянием притяжения Земли. Так, брызгуновы (*Toxotidae*) для сбивания своей добычи (насекомых) с растений используют струйку воды изо рта.

В своей ловушке муравьиный лев (*Myrmeleon formicarius*) для ловли своих жертв (муравьев) использует соскальзывание их на дно ловушки [7]. По сути, это – падение с торможением о склон ловушки. Если жертва сразу не соскользнула вниз и удерживается на краю ловушки, то песчинки, которые обсыпаются, достигают головы личинки и вызывают метательный рефлекс – муравьиный лев подбрасывает песчинки высоко в воздух. Однако гравитация возвращает их вниз в виде лавины песка, сбивает жертву и тянет ее вниз.

Приведенные примеры убедительно свидетельствуют о том, что ГрПЗ является важной абиотической компонентой для экосистем, поскольку их представители приспособились использовать это поле для эффективного перемещения в пространстве.

Выводы

Использование способа перемещения в пространстве экосистемы, каким является падение, широко распространено среди представителей флоры и фауны. Данный способ реализуется за счет использования накопленной в период их развития и жизнедеятельности потенциальной гравитационной энергии.

Результаты данного исследования можно использовать при дальнейшем изучении способов перемещения в пространстве других видов семян и плодов растений, а также животных.

Библиографические ссылки

1. **Бернштейн Н. А.** Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М., 1966. – С. 75–86.
2. **Ильинский А. И.** Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР / А. И. Ильинский, И. В. Тропин. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 525 с.
3. **Мирзоян С. А.** Рябиново-яблонная моль и борьба с ней / С. А. Мирзоян, А. Дж. Григорян. – Ереван: Из-во АН АрмССР, 1989. – 71 с.

4. **Одум Ю.** Экология. В 2 т. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.
5. **Рафес П. М.** Роль и значение растительноядных насекомых в лесу. – М.: Наука, 1968. – 235 с.
6. **Суханов В. Б.** Общая система симметричной локомоции наземных позвоночных и особенности передвижения низших тетрапод. – М., 1966. – С. 15–38.
7. **Фройде М.** Животные строят. – М.: Мир, 1986. – 216 с.
8. **Хайкін С. Е.** Фізичні основи механіки. – К.: Радянська школа, 1966. – 744 с.
9. **Шахбазов В. Г.** Уссурийский дубовый шелкопряд в Приморском крае и опыт его акклиматизации на Украине. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Х., 1954. – 16 с.

Надійшла до редколегії 25.10.05.

УДК 504.054+581.2

Ю. В. Лихолат

Дніпропетровський національний університет

КРИТЕРІЇ РЕАГУВАННЯ ГАЗОННИХ ТРАВ НА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Встановлені ростові та фізіолого-біохімічні критерії реагування газонних трав на дію важких металів. Показано зв'язок між рівнем накопичення важких металів, особливостями зміни морфологічних показників і активністю ферментів антиоксидантного захисту рослин. Виявлені видові особливості стійкості газонних трав до дії окремих поллютантів (важких металів) у подальшому будуть використані при озелененні промислових майданчиків.

Growth, physiological and biochemical criteria of reaction of the lawn grass on heavy metals influence are ascertained. Connection between levels of the heavy metals accumulation and changes of morphological parameters and activity of antioxidative protection enzymes of the plants is shown. Revealed specific features of lawn grasses stability to separate pollutants (heavy metals) action will be used for gardening industrial sites.

Вступ

Вплив антропогенних факторів на рослинність в умовах екологічної нерівноваги спонукає до проведення досліджень особливостей тератогенезу рослин як одного з елементів процесу трансформації рослинного організму під впливом токсичних речовин і показника екологічного стану довкілля. Виявлення особливостей тератогенезу рослин у лабораторних умовах і перспективи використання даного явища в подальшому для фітоіндикації антропогенно трансформованого середовища на південному сході України дозволяють поглибити уявлення щодо фітоіндикаційних досліджень і оцінювання стану екотопів [3–5; 7].

У зв'язку з цим використанню на техногенних територіях газонних рослин передують досить складна робота з інтродукції та акліматизації природних трав і, в першу чергу, злакових. Підбір видів для цієї мети – складна робота, яка включає дослідження рослинного організму в лабораторних умовах.

Враховуючи, що в доступній літературі основна кількість посилань [2; 3] стосується використання деревних видів рослин як тест-об'єктів при проведенні моніторингу забруднення довкілля, мета нашої роботи передбачає проведення досліджень морфологічних і фізіолого-біохімічних особливостей основних газонних

© Ю. В. Лихолат, 2006